

Н. Г. Смирнов

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ: МЕЖДУ ПОВСЕДНЕВНОСТЬЮ И ВЕЧНОСТЬЮ, ИЛИ ПОИСК РЕШЕНИЙ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ ПРОБЛЕМ

В Уральском госуниверситете, на кафедре экологии, читается спецкурс под названием «Историческая экология». Его изучение сопровождается циклом практических занятий, которые ведутся на базе филиалов кафедр экологии и зоологии биологического факультета в Институте экологии растений и животных УрО РАН. Такого курса нет в перечне предметов ни на одном из биологических факультетов нашей страны. Чтение его именно здесь вовсе не случайно. Автор данной статьи организовал и более 15 лет возглавлял в упомянутом институте лабораторию с таким же названием. Этот курс вобрал в себя значительную часть мирового опыта работ в области исторической экологии и опыт ведущих отечественных специалистов из разных регионов. Безусловно, он несет на себе и отпечаток тех особенностей, которые выросли из специфики развития таких исследований здесь, на Урале.

Предмет, о котором пойдет речь в этой статье, мало знаком широкому научному сообществу, поэтому необходимо сделать экскурс в самые основы и истоки исторической экологии. В последние десятилетия появилось так много разных направлений экологии, что даже специалисты в классической экологии не успевают следить за бурным ростом разных побегов на древе своей науки. Многие наблюдают за этим процессом с раздражением и ревностью. Экологическая мода и экологические деньги породили множество «детей лейтенанта Шмидта» от экологии. Такие «пасынки» и вправду не имеют отношения к области знания, которая, по определению, «...изучает организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, биоценозов (сообществ), биогеоценозов (экосистем) и биосферы». Наша веточка не имеет ничего общего ни с «экологией культуры», ни с «экологией духа»; она выросла на одном из вполне процветающих стволов под названием «эволюционная экология», там, где она тесно сплетается с одним из других здоровых побегов – «палеоэкологией». Что же представляет собой то поле, на котором трудятся специалисты в области исторической экологии? В первую очередь, нужно сразу оговориться, что это поле делится на два относительно независимых участка, по принципу различий структурно-функциональных уровней организации живых систем. В определении экологии указано, что она занимается только надор-

ганизменными уровнями. Это – общее поле, но уровни популяционно-видовые и многовидовые (экосистемные) изучаются на разных участках. К их различиям мы еще вернемся из-за их важности, так как динамика систем, относимых к этим разным уровням, определяется разными механизмами и обеспечивается разными материальными носителями.

Не случайно в названии статьи предложена аналогия с перекрестком. Современная историческая экология не представляется стройным благоустроенным зданием какой-то отдельной науки, с четкой планировкой этажей-проблем и залов, где находятся основные объекты. В таком фундаментальном здании было бы легко найти и весь инструмент, так как у всякой оформившейся науки, кроме проблем и объектов, есть и свои специфические методы исследований.

Историческая экология – это скорее направление исследований, а не отдельная наука. Именно поэтому и возникла аналогия с перекрестком. Полнота этой аналогии усилится, если уточнить, что *это направление занимается изучением закономерностей пространственно-временной динамики надорганизменных систем в историческом масштабе времени, делается это с помощью комплекса ретроспективных методов исследования*. Можно представить, что исторический эколог – это человек, который стоит на перекрестке и отслеживает направления и скорости движения популяций разных видов, а также сообществ растений и животных по дороге исторических преобразований. Такие движения или перетекания из одних состояний в другие бывают у многих биосферных образований, даже, казалось бы, у таких стабильных систем, как почвы. Цель же этого наблюдателя – понять правила такого «уличного» движения и установить, какие внешние силы влияют на движение, а быть может, и прямо управляют им.

Возникает вопрос: зачем такие знания нужны? Общие сентенции типа «знание о прошлом – ключ к пониманию настоящего и будущего», как правило, не удовлетворяют. Что же добавляют в представление об окружающем нас мире знания о закономерностях динамики природных систем? Однозначно на эти вопросы ответить сложно, но представляется, что самое основное их значение состоит в том, что, благодаря результатам исторической экологии, становится все более ясно, как нужно относиться к понятию нормального состояния экосистем и популяций в постоянно меняющихся условиях среды, да еще и при антропогенных воздействиях. Норма многим представляется чем-то таким, что просто более привычно. Например, всем хорошо известно, что северный олень – это животное, обитающее в тундре. Если бы кто-нибудь встретил его в лесах под Екатеринбургом или Москвой, то, наверно, стали бы писать о загадочном событии. Быть может, здесь была тундра? Данные же исторической экологии говорят, что еще совсем недавно почти по всей лесной зоне обитали лесные северные олени, всего лет 200 назад они были в наших краях обычными животными. Это – пример исторического изменения численности вида в одной из частей видового ареала.

Норма бывает зафиксирована не только на уровне психологии восприятия отдельных людей или групп людей, но и юридически или даже законодательно. Человеческая психология так устроена, что за норму человек принимает то, что он видел и помнит на протяжении временного отрезка, сопоставимого с его жизнью. Красная книга – документ, в котором фиксируется статус вида. Вид может быть «редким», «очень редким», «исчезаю-

щим» или «находящимся на грани исчезновения». Как разграничить эти категории, если не знать реальной динамики ареала и численности на длительных отрезках времени? Без таких сведений легко спутать те виды, в природе которых заложено быть в любых условиях малочисленными, и другие – виды, которые стали таковыми под воздействием каких-то внешних факторов. Разумеется, стратегия и тактика их охраны должны быть разными.

У многих на памяти многочисленные публикации, относительно недавно возбуждавшие большую тревогу вокруг проблемы спасения Каспийского моря. Его уровень на протяжении некоторого времени падал так быстро, что если бы скорости этого процесса сохранялись еще в течение хотя бы нескольких десятилетий, то Каспий как ценный объект хозяйствования людей был бы потерян. В происходящем искали виноватых: гидростроителей, мелиораторов, еще кого-нибудь. Не прошло и 20 лет, как естественный процесс колебаний уровня Каспия сменил направление, и теперь возникла совсем иная угроза: подъем уровня воды. Мелиораторы и гидростроители оказались не причем. У этого процесса, как и у множества других, – естественные корни, а сами такие процессы можно обнаружить только на длительных временных отрезках. Где же норма стояния уровня Каспия?

Историческая экология учит, что норма для большинства объектов в биосфере – понятие динамическое, причем динамика эта имеет сложную хронологическую организацию. В ней выделяются колебания мелкого, среднего и крупного масштаба, направленные тренды разной протяженности, качественные скачки, приводящие к перерождению одного объекта в другой. Разбираться в этой запутанной иерархии процессов разной природы – дело увлекательное, но сверхсложное, так как биосферные системы высоких уровней организации относятся к классу не просто сложных или очень сложных, но их необходимо относить к классу сверхсложных систем. Желаясь познакомиться с широким разнообразием типов динамики разных систем могут заглянуть в «Атлас временных вариаций природных и социальных систем».

Помимо этого общего мировоззренческого значения обсуждаемая тематика имеет и более конкретное значение, и далеко не одно, а какие из них важны для разных отраслей науки или хозяйственной жизни, надеюсь, читателю станет ясно после прочтения всей статьи.

Где границы возделываемого поля?

Процесс исследования в исторической экологии, как и во многих других науках, начинается со сбора и упорядочивания фактов, потом на основе их анализа формулируются некие теоретические обобщения – гипотезы, а затем концепции и теории. Сразу надо сказать, что большая часть проблем в исторической экологии еще находится на стадии накопления и первичного обобщения фактов, идет лишь поиск путей решения некоторых задач, а во многих областях еще и сами задачи лишь формулируются. Оправданием служит тот факт, что работаем мы в очень молодой отрасли исследований.

Итак, основные усилия исторической экологии направлены на изучение закономерностей динамики биологических систем и влияния на эту

динамику разных факторов. Их можно грубо разделить на внутренние и внешние, да еще нельзя забывать, что главные эффекты в биологических системах, как правило, возникают при взаимодействии разных факторов. Внутренние факторы динамики, объединяемые под общим таинственным и неопределенным термином *саморазвитие*, едва проступают из туманного клубка переплетений не оформившихся постановок задач. Это заставляет нас оставить их обсуждение на несколько лет. Из факторов внешней среды ведущими считаются климатические, а также те, что порождены человеческой деятельностью. Но эрудированный читатель сразу скажет, что этим давно занимаются многие разделы биологии (палеонтология в первую очередь), да еще и ряд смежных наук, таких, как геология, археология и история. Верно. Именно благодаря накопленным там сведениям и обнаружился специфический класс задач исторической экологии, которые в какой-то степени перекрываются и с палеонтологией, и с геологией, и с географией, и с историей, и с археологией. Вот вам еще один источник аналогии с перекрестком. Историческая экология – это еще и перекресток задач разных наук. Чтобы четче обозначить, где проходит разделяющая их граница, пройдемся вдоль этой границы, причем так, чтобы заходить время от времени на пограничные «земли».

Главное, что маркирует область исторической экологии – масштаб событий. Мы уже отметили, что динамика процессов в надорганизменных системах, происходящая в историческом масштабе, – наша область. Этот исторический масштаб следует отличать от более мелкого – актуального и более крупного – эволюционного.

Как повседневность уходит в историю, погода образует климат, хронографические колебания создают исторический тренд, а внутривидовая изменчивость – микроэволюционный сдвиг?

Все эти вопросы можно перевести на более высокий уровень обобщения, и на научном языке это будет звучать так: какие закономерности лежат в основе различий процессов динамики систем в актуальном и более высоком – историческом – масштабе?

Чтобы лучше представить специфику этого масштаба, воспользуемся еще одной аналогией. Всем хорошо понятно, что такое погода. На бытовом уровне несколько более сложно сформулировать, что такое климат, и еще сложнее – что такое климатическая эпоха. Однако каждому интуитивно ясно, что все три понятия отличаются протяженностью динамики метеорологических процессов. Протяженность процессов, характерное время и масштаб – разные понятия, но без каждого из них нам не разобраться в этом запутанном деле.

Погода будет соответствовать актуальной динамике, климат – исторической, а климатическая эпоха – эволюционной. Существуют характерные времена процессов в разных масштабах, но полной связи протяженности процесса и масштаба нет.

Познакомимся ближе с наиболее характерными процессами, происходящими в актуальном масштабе времени в системах популяционно-видо-

вого уровня организации, в более общем контексте рассмотрения хронологической структуры эволюционного процесса. Под такой структурой понимается соподчиненность (иерархия) динамических процессов разного масштаба, каждый из которых образует свой временной ряд той или иной сложности, каждый со своими характеристиками. В расчленении внешне единой временной гармоник колебаний морфологических параметров на составляющие разного масштаба (и разной природы) состоит главная и самая сложная задача. Понятие масштаба употреблено не как синоним временной протяженности процесса и тем более, не временного интервала, на котором велось изучение. Далее будет показано, что масштабы морфологической динамики и протяженности далеко не пропорциональны. Здесь речь идет о масштабах биологической (в данном случае морфологической) динамики в череде поколений.

Изучение хронологической структуры морфологической динамики в череде поколений можно вести через исследование таких параметров, как *скорость, амплитуда, направленность, протяженность, цикличность и их соотношение*. Сочетание исследований хронологической структуры со степенью обратимости, предсказуемости и другими характеристиками эволюционного процесса может дать богатый материал для поиска новых закономерностей его протекания в пределах каждого из масштабов.

Ранее нами было предложено использовать три термина для обозначения разных масштабов морфологической динамики – *актуальный, исторический и эволюционный* [Смирнов, 1990]. Наличие этих трех масштабов – гипотеза, которую можно проверять, анализируя тот или иной материал. В плане конкретизации этой гипотезы приведем основные характеристики каждого из масштабов. В этих характеристиках пока много общих, возможно спекулятивных, положений, для проверки и уточнения, а быть может, и замены которых необходимо целенаправленное исследование новых конкретных материалов.

Актуальный масштаб вбирает в себя все процессы популяционной динамики, которые не меняют среднего состояния морфологических параметров популяции до такой степени, чтобы такие отличия устойчиво сохранялись. К этим процессам относятся хронографические колебания: от генерации к генерации, от сезона к сезону и до какой-то степени – от года к году. Для них характерны экстремально высокие скорости и амплитуды в сочетании с небольшой протяженностью и частой сменой направлений, а стало быть, – практически полная обратимость. Существование такого типа процессов не требует особых доказательств. С ними сталкивается каждый исследователь в своей практике, сравнивая морфологические характеристики наблюдаемых в природе живых популяций в разное время. Эти процессы происходят постоянно, они «вложены» в процессы большего масштаба в качестве осцилляций вокруг некоего среднего популяционного состояния. В особых случаях (у крайне консервативных форм) динамика актуального масштаба может исключительно долго – на протяжении многих сотен тысяч поколений – не перерастать в историческую или эволюционную.

Исторический масштаб динамики отличен от актуального не столько хронологической протяженностью процессов (хотя процессы исторического масштаба легче обнаруживаются на больших временных отрезках), сколько результатом. По отношению к любому морфологическому сдвигу можно решить, относить ли его к процессам исторического масштаба или

нет, только в тех случаях, когда есть возможность проверить, насколько устойчиво он сохраняется в ряду потомков. В результате динамики исторического масштаба образуется устойчивый тренд сдвига морфологических характеристик популяции. Такой тренд может иметь микротаксономический статус (смена одного внутривидового таксона другим). Согласно градуалистической модели, при длительном развитии событий исторический сдвиг может перерасти в событие эволюционного масштаба. В рамках модели прерывистого равновесия для исторических сдвигов либо вовсе не остается места, либо небольшое, но устойчивое отклонение в рамках стазиса можно отнести именно к процессу в историческом масштабе.

Эволюционный масштаб морфологической динамики улавливается там, где на палеонтологическом материале удастся проследить переход одного вида в другой. Сравнение состояния одних и тех же признаков у последовательно сменяющих друг друга видов может дать разные результаты. Для одних признаков различий может не оказаться вовсе, а для других они вполне могут уложиться в рамки исторического масштаба. Для таксономически важных морфологических характеристик различия могут достигать максимально возможных значений. В рамках градуалистической модели вопрос о различии между эволюционным и историческим масштабами динамики решить принципиально сложнее, нежели в пунктуалистической. В рамках последней при переходе из одного равновесного состояния в другое должны наблюдаться очень высокие скорости изменения таксономически значимых признаков. Таким образом, в пределах эволюционного масштаба следует ожидать очень разные значения скоростей для морфологических изменений, так как одни и те же морфологические результаты могут быть достигнуты как за весьма короткий промежуток времени, так и накапливаясь постепенно, но достаточно долго. Коротко изложенная концепция хронологической структуры эволюционного процесса лежит в основе значительной части наших исследований историко-экологических процессов, происходящих на популяционно-видовом уровне организации биологических систем.

В курсе лекций уделяется большое внимание характеристике динамики объектов, которые относят к экосистемному уровню организации биологических систем. Эта часть экологической науки развивается очень неравномерно. Существует громадный пласт литературы о закономерностях динамики растительных сообществ и особенно так называемых сукцессионных сменах и их классификациях. В гораздо меньшей степени проработаны вопросы о закономерностях динамики животной компоненты экосистем. Еще меньше ясности в развитии экосистем высокого уровня – биогеоценозов и их совокупностей. Этот раздел исторической экологии находится на такой стадии, когда еще не выделены даже основные объекты, структурные единицы экосистем высокого ранга, которые были бы доступны для изучения комплексу ретроспективных методов.

Чем меньше проработана проблема, тем ее труднее изложить кратко и ясно, и поэтому в краткой статье не будем даже пытаться это делать; остается лишь кратко обозначить общие и отличительные моменты, характерные для динамики популяционно-видовых систем и многовидовых экологических систем в обозначенных масштабах.

В актуальном масштабе динамика популяционно-видовых систем имеет заметно меньшие характерные времена, чем у многовидовых систем.

Разнятся и скорости преобразований, а вот цикличность изменения характеристик часто совпадает, так как она задается общими, внешними по отношению к тем и другим объектам факторами.

Устойчивость фундаментальных свойств системы – общий критерий границы исторического и эволюционного масштабов для популяционно-видовых и многовидовых экосистем. Пока основные свойства сохраняются – это еще исторический масштаб, а если нет – эволюционный. Все различия проистекают из того, что степень целостности экосистем существенно ниже, чем популяционно-видовых, а в пределах своего уровня организации она уменьшается по мере роста положения системы в иерархии.

Как все начиналось на Урале и куда продвигается?

Историческая экология на Урале начала интенсивно развиваться с середины 70-х годов прошлого (XX) века, когда в Институте экологии растений и животных УрО РАН возникла группа исторической экологии. Появилась она в составе лаборатории экологических основ изменчивости организмов, которой в те годы руководил академик РАН В. Н. Большаков. Он поддержал группу молодых зоологов, которые взялись за решение почти не тронутой проблемы – реконструкции истории современных экосистем Урала. К этому времени об истории развития природы на Урале было известно многое, но это многое касалось, главным образом, отдаленных геологических эпох. Было уже хорошо известно, когда и где на месте Уральских гор были моря и даже какая температура воды была в этих морях. Известно, когда и как миллионы лет назад возникли Уральские горы. Это были сведения из геологии и палеогеографии палеозоя и мезозоя. О непосредственной предыстории современной природы, которая разворачивалась на протяжении последних десятков или нескольких сотен тысяч лет, было известно совсем немного. Большая часть таких сведений черпалась из общих представлений, полученных на других территориях, главным образом, в Европе или европейской части СССР. Эти сведения касались таких общих характеристик климатической обстановки, как чередование холодных (ледниковых) и теплых (межледниковых) эпох, а также общий характер флоры и фауны. Крупный вклад в понимание истории современной растительности на Урале внес труд академика П. Л. Горчаковского «Основные проблемы исторической фитогеографии Урала» [1969]. Эта замечательная книга была написана на основе талантливого анализа сведений о распространении реликтовых элементов в современной флоре, но время образования этих реликтов нуждалось в палеоботаническом обосновании, а оно в те годы было еще относительно слабым. Были некоторые редкие данные о находках костей мамонтов, шерстистых носорогов и других животных ледниковых эпох, но они не имели строгой привязки к хронологической шкале, которая возможна только на основе абсолютных методов датирования, в частности радиоуглеродного метода.

Реально такие работы стали возможны после того, как на кафедре зоологии УрГУ появилась выпускница аспирантуры Зоологического института АН СССР, ученица патриарха всех современных палеозоологов-териологов России и бывших республик СССР Игоря Михайловича Громова, тогда молодой кандидат наук Анна Георгиевна Малеева. Она научила зоологии многие десятки студентов и многим привила интерес к палеозооло-

гии, в том числе и всем тем, кто развивает это направление сейчас. Среди ее студентов прошлых лет есть доктора и кандидаты наук, а многие методические подходы, предложенные А. Г. Малеевой, легли в основу современных представлений исторической экологии.

Итак, из учеников А. Г. Малеевой и В. Н. Большакова сформировался коллектив сначала группы, а потом лаборатории исторической экологии. При первых же самостоятельных шагах нам стало ясно, что разворачивать широкие работы по добыванию массовых материалов о прошлых этапах развития экосистем Урала без обеспечения надежной хронологической основы не имело особого смысла. Такую основу мог создать только радиоуглеродный метод. В те годы в стране не было рынка коммерческих датировок, а о контактах с зарубежными лабораториями, живя в закрытом для иностранцев Свердловске, мы и не мечтали. Было решено опираться на собственные силы. Жили в такой обстановке, что любые задачи казались по плечу. Создать собственную лабораторию для определения абсолютно-го возраста органических образцов по содержанию радиоуглерода – задача совсем не простая, это мы понимали, но при определенных условиях и она оказалась выполнимой. За пару лет было закуплено или изготовлено на заказ уникальное оборудование, и установка начала давать первые датировки. В этом сложном деле, как во многих других, мы равнялись на опыт близкого по тематике и научным устремлениям коллектива группы под руководством доктора биологических наук Л. Г. Динесмана, которая работала в Москве, в Институте эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР. Эта группа возникла и развивалась под непосредственным влиянием «отца» отечественной биогеоэкологии академика В. Н. Сукачева. Она успешно работает и в наши дни, но с тех пор произошло множество изменений. Нет не только АН СССР, но и институт в Москве переименован, а преклонный возраст заставил оставить руководство научными коллективами многих из наших учителей. Износилась, состарилась морально и физически и умерла наша радиоуглеродная установка. Зато открылся широкий путь к международному сотрудничеству. Кто знает, что лучше – получать датировки на своем «самодельном» оборудовании в уральском исполнении или иметь возможности заказывать датировки в ведущих лабораториях мира?

За прошедшие годы многое изменилось, и эти перемены можно оценивать с разных позиций, но никакая работа не остается бесполезной. Очень важно, что в самом начале пути был пройден этап самодельных приборов, многих методических поисков в экспедициях, в том числе по эффективным способам получения массового фактического материала. Все это задало на старте высокую планку методического уровня работ, настроило на глубокое изучение предмета изнутри, знание проблем и тонкостей в деле получения не только радиоуглеродных датировок, развило вкус к внедрению в практику историко-экологических работ разных достижений из смежных областей естественных наук.

Можно было бы многое вспомнить из этапа первичного накопления массового материала с его романтическими прелестями, увлекательными экспедициями, поисками, находками...

Чего стоит, например, шестилетний цикл работ по раскопкам на Южном Урале в связи с исследованиями отложений Игнatieвской пещеры с ее знаменитыми рисунками и культурными слоями эпохи палеолита! В

итоге изданы несколько крупных обобщений, монографические сборники и статьи, как вместе с коллегами-археологами, так и самостоятельно.

Пионерские работы на Севере Западной Сибири и Ямале многим дали почувствовать себя первопроходцами, особенно после того, как там были найдены и изучены первые местонахождения ископаемых остатков грызунов, жуков и семян растений из плейстоценовых отложений, – вопреки уговорам коллег о бесперспективности таких поисков.

Большой человеческий и профессиональный опыт получили все участники нескольких международных проектов, которые вел и продолжает вести наш коллектив. Особенно это важно для студентов, которые в экспедициях работают вместе со сверстниками из других стран. Работы по международным и междисциплинарным проектам не только помогают обзавестись современной исследовательской техникой и открывают короткий путь к публикациям в престижных международных изданиях. Эти контакты позволяют вести обобщения не только на региональном уровне, а и на уровне крупных частей света и континентов.

Итог многолетних работ – многие сотни исследованных местонахождений остатков растений и животных, давших громаду фактов для обобщений. Эти обобщения опубликованы во многих сотнях статей и десятках книг на разных языках. Они докладывались на конференциях, совещаниях, конгрессах во многих городах нашего обширного отечества, в США – в Вашингтоне, Спрингфилде, Чикаго и каком-то маленьком университетском городке в средних штатах (название не помню), куда ездил признанный лидер уральской археозоологии П. А. Косинцев. Большой любитель научного туризма А. Бородин побывал с докладом даже в Акапулько, пропагандировал свои достижения на юге Африканского континента и в научных центрах Европы. Коллеги со всего мира в Берлине и Риме могли обсуждать достижения А. Воробьева и И. Головачева – недавних студентов. Последнего для совместной работы осенью ждут в Амстердаме.

Не менее важно, что сформировался целый клан уральских специалистов в области исторической экологии. Эта команда включает специалистов разных направлений, которые могут, применив арсеналы своих методов, реконструировать многие характеристики прошлых экосистем. Такую команду знатоков, умеющих по фрагментам остатков определять мелких и крупных зверей, птиц, рыб, жуков, а по семенам, пыльце и спорам – растения, жившие тысячи лет назад, собрать очень трудно. Еще труднее организовать их в работающий коллектив. Помогает то, что все они выпускники биофака УрГУ и продолжают ощущать эту связь. Все они прошли путь от студентов, впервые поехавших на раскопки за романтикой, некоторые, выдержав испытание рутинной повседневной работой, узнали радость первых открытий и выросли до зрелых исследователей. Самые упорные и смелые вкусили прелести проникновения в суть научных проблем уже на первых молодежных конференциях. Все они работают с нынешними студентами, и это основной повод не терять оптимизма в трудные моменты.

Как ведутся историко-экологические работы

Законченное историко-экологическое исследование состоит из ряда этапов, но как минимум их должно быть три. На первом этапе выясняет-

ся, что представляет собой исследуемый объект, когда он существовал и каково его место в ряду других? На втором этапе ведется реконструкция типа динамики изучаемой системы с попытками оценить разные параметры этой динамики. Этап третий (если до него доросло исследование) – построение или проверка существующих теоретических конструкций (гипотез, концепций, теорий).

Этап первый – реконструкция отдельных состояний изучаемых систем. В курсе лекций этому разделу уделяется много внимания. Нужно, чтобы студенты ясно представляли все разнообразие источников историко-экологической информации и специфику работы с каждым из них. Круг таких источников очень широк – это и археологические памятники, и зоогенные скопления костей животных в пещерах, и прослой со скоплением органических остатков в аллювиальных отложениях, где можно найти и раковины моллюсков, и хитин жуков, и остатки семян растений; масса богатых находок ждет исследователя в донных отложениях озер. Классическим объектом палеоботанических реконструкций для голоцена служат отложения торфа. Умелая работа с древними текстами рукописных и печатных книг, разного рода документами (от податных книг до священных текстов) тоже может принести грамотному исследователю богатые сведения о состоянии экосистем прошлого. Даже старые фотографии и рисунки иногда служат отправным документом, например, для реконструкции динамики таких важных характеристик живой природы, как изменение положения верхней границы леса в горах, краевых образований ледников. Сейчас даже космические снимки, сделанные в разные десятилетия, можно отнести к арсеналу исторической экологии, так как они дают возможность ретроспективного взгляда на множество характеристик живого покрова нашей планеты.

Когда исследователь находит местонахождение с остатками древней жизни, например, пещеру, в рыхлых отложениях которой накопились кости животных, из которых можно извлечь пыльцу или макроскопические остатки растений, начинается полевой этап исследования. Раскопки ведут примерно так же, как это делают археологи, раскапывая древние поселения или могильники. Главное на этом этапе – зафиксировать все детали для выделения и характеристики отдельных слоев и прослоек, чтобы в подробностях разобраться, какие из них накопились раньше, а какие позже и какие факторы обусловили их образование. Процесс раскопок по своей природе двойственный: это одновременно и исследование объекта, и его разрушение. Так что если в ходе раскопок что-то не зафиксировано, то оно будет утрачено навсегда. Здесь много тонкостей и профессиональных хитростей, которыми в курсе лекций и на практических занятиях профессионалы делятся со студентами.

Полученный в ходе раскопок материал должен превратиться в научную коллекцию. Для этого остатки определяют по принадлежности к частям скелета или органов и, как можно точнее, – по таксономической принадлежности. Итог этого этапа – составление списков таксонов с указанием обилия каждого из видов для каждой из не делимых далее порций материала, отражающих определенный этап накопления остатков прежней жизни. Это очень трудоемкое дело. Ведь чем более тонкие пространственно-временные различия предстоит оценить, тем больше материалов должна содержать каждая выборка. Иногда приходится идти на громадные тру-

дозатраты, но зато появляется твердая уверенность, что в списках оказались даже самые редкие виды, которые обитали на исследуемой территории в изучаемом отрезке времени, а доли остатков видов получают устойчивые оценки. Например, для каждого из 11 позднеледниковых горизонтов пещеры Расик было извлечено и определено от 1,5 до 9 тыс. только коренных зубов грызунов.

Для того, чтобы разносторонне интерпретировать полученные материалы, нужно разобраться в большом комплексе вопросов. Здесь можно их только обозначить. Когда и за какое время накапливался каждый слой? Были ли перерывы в образовании слоев и, если да, то какие? В какой степени в сборах идет осреднение годовых флуктуаций состава и структуры сообществ? С какой территории происходило накопление остатков в данном месте? Каков механизм этого накопления и каковы факторы избирательности такого накопления? И так далее... Ответы на эти вопросы должны дать в руки исследователя материалы, необходимые для запуска процедуры реконструкции отдельных элементов прошлых локальных экосистем.

В процессе сбора материала постоянно убеждаешься в той простой истине, что «нет в мире совершенства», так как в одном месте (разрезе) невозможно найти весь необходимый комплекс материалов для полноценных реконструкций. Приходится изобретать способы соединения разрозненных материалов. Нами используются понятия локальной, региональной и зональной фауны и флоры для реконструкции локальных, региональных и зональных типов экосистем. В основе методологии таких реконструкций лежит сочетание принципов актуализма и историзма, примиряет которые принцип развития. Для древних экосистем, для которых существуют прямые аналоги среди современных, в процедуре реконструкции нет принципиальных сложностей, скорее, это дело техники и упорства. Когда же приходится иметь дело с временами, хотя и не столь отдаленными от современности, но относящимися к другой климатической эпохе, то возникают сложности принципиальные. Около 10 тыс. лет назад прошел климатический рубеж, разделивший современный (послеледниковый) период и последнюю ледниковую эпоху. По ту сторону этого рубежа длительное время не существовало знакомых нам зональных экосистем: тундр, лесов, степей. А что же было? Сейчас уже относительно неплохо известно, какие животные и растения где жили. Коротко разберем такое сообщество на примере экосистем Среднего Урала в так называемую эпоху позднего валдая (20–14 тыс. лет назад). Знаковым видом животных этой эпохи был мамонт. Все другие животные образуют несколько групп. Это, например, крупные травоядные, которые вымерли одновременно с мамонтом (шерстистый носорог, первобытный бизон, гигантский олень, уральская лошадь), и крупные, тоже вымершие к настоящему времени хищники и падальщики (пещерный лев, пещерная гиена, пещерный медведь). Однако там же обитали и виды, которые живут на Земле в наши дни, хотя и не на этой территории, сейчас занятой лесной зоной. Речь идет об антилопе-сайге, сусликах, сурках и тушканчиках со степными пеструшками и пищухами, которые сейчас живут в степях и пустынях. Но здесь же жили и предки современных тундровых леммингов, овцебыков и северных оленей. Под стать такому вселенскому смешению животных была и растительность. Эти сообщества называют и трактуют их природу по-разному. В отечествен-

ной литературе самое распространенное их название – *тундро-степные, смешанные*, в американской – *безаналоговые*, или *дисгармоничные*, сообщества. Различны здесь не только названия, но и концепции, на которых основаны трактовки самого феномена. На Урале развивается своеобразная концепция, основанная на представлении об особом, зональном типе природы в ледниковые эпохи со своеобразным распределением тепла и влаги по сезонам, при значительной роли отсутствующего сейчас фактора покровных ледников на Европейской равнине. Мы называем ее *концепцией гипербореальной зоны*. Суть ее сводится к признанию качественного своеобразия состава и структуры экосистем, которые невозможно свести к гибриду между современными степями и тундрами [Смирнов, 2001]. Ее разработка неразрывно связана с внедрением самых современных методов исследований. Один из примеров. С появлением новейших вариантов радиоуглеродного метода (акселераторной масс-спектрометрии – AMS) появилась возможность абсолютных датировок, дающих ошибку всего в несколько десятков лет при возрасте образца около 15 тыс. лет. Особенно важно, что такие датировки можно получать, используя совсем малое количество исходного материала. Нам удалось принять участие в коллективном проекте с американскими коллегами – палеонтологами и специалистами ведущего ядерного центра США (Ливерморской лаборатории), в результате которого впервые был однозначно разрешен один из важнейших аспектов проблемы природы «смешанных» фаун. С применением AMS-технологии были продатированы единичные челюсти разных видов мелких грызунов, современные потомки одних из которых живут в степях, а другие – в тундрах. Возраст остатков совпал настолько, что отпали всякие сомнения в том, что зверьки, которым принадлежали эти челюсти, жили на одной территории одновременно. В результате было отвергнуто предположение о том, что одновременное обитание на одной территории кардинально разных в экологическом отношении животных – лишь иллюзия, возникающая в результате очень быстрой смены природных условий от тундровых до степных.

Только с использованием массовых радиоуглеродных датировок решается на современном уровне и проблема времени вымирания отдельных видов. Не так давно считалось, что в средних широтах мамонты вместе со многими другими животными, вроде пещерных медведей, шерстистых носорогов и овцебыков, вымерли около 10 тыс. лет назад. Однако недавно российские исследователи установили, что этот процесс был сильно растянут во времени, причем происходил далеко неодновременно на разных территориях. Самый впечатляющий феномен связан именно с мамонтами. Выяснилось, что совсем недавно, всего около 4 тыс. лет назад, когда в Древнем Египте на папирусе грамотные люди уже выводили первые записи, на острове Врангеля все еще бродили стада мамонтов. Если посмотреть на проблему вымирания на рубеже ледниковой и послеледниковой эпох в более общем виде, то ее можно сформулировать как проблему типологии реакций живых систем на очень резкий климатический скачок на рубеже плейстоцена и голоцена. В ней есть очень существенная часть, «подведомственная» исторической экологии, целый букет сложных вопросов, который заслуживает подробного рассмотрения в отдельной статье.

Этап второй – описание разных параметров динамики систем. На этом этапе внимание сосредоточено на описании таких параметров динамики

популяций и экосистем, как протяженность, направление, скорость, средовая или внутренняя обусловленность изменений.

Начнем со средовой обусловленности. Всех волнует проблема глобального потепления климата. Экологии принадлежит тот ее аспект, который касается не собственно реконструкции или предсказания этих изменений (это удел климатологии), а реакции экосистем и видов на это самое потепление. За последние 15–20 тыс. лет, т. е. на памяти человека современного вида, чего только с климатом не происходило! Современное потепление – совсем незначительный эпизод в ряду прошлых катаклизмов. Природа поставила громадное количество экспериментов в этом русле. Из этих экспериментов одни виды вышли, сильно расширив ареалы, другие их сократили, третьи совсем исчезли с лица Земли. Реакции таких сложных образований, как природные экосистемы, еще более неоднозначны. Было бы наивным самообманом сказать, что современная наука могла бы правильно предсказать итог каждого из таких экспериментов. В настоящее время нет единого взгляда даже на типологию реакций видов на климатические сдвиги исторического масштаба. Одни исследователи считают, что такие реакции сугубо индивидуальны для каждого вида растений и животных, другие говорят о групповых реакциях. Наш опыт изучения этой проблемы подсказывает, что ситуация сильно зависит от конкретной обстановки. На современном этапе более продуктивно изучение отдельных параметров динамики.

Последние три года нами выполнялся проект, поддержанный РФФИ и специально посвященный исследованию одного из таких параметров – скорости преобразований экосистем и отдельных видов. Наибольшее внимание было уделено скоростям морфологической эволюции в популяциях животных. В основе интриги находился загадочный феномен зависимости скорости эволюционных изменений от длины временного отрезка, на котором эту скорость оценивали.

Неравномерность скоростей является одним из основных атрибутов органической эволюции, и поиск закономерностей в их распределении – одна из интереснейших областей исследования, которая давно привлекает внимание биологов.

Ряд соображений заставил сосредоточиться на динамике одних и тех же признаков в ряду предков и потомков. Для изучения этих процессов на временных отрезках, длительность которых превышает значения, доступные экспериментальному изучению, чаще всего привлекается палеонтологический материал. Примеры такого рода послужили одним из важнейших оснований выдвижения теории прерывистого равновесия (пунктуализм). Она была предложена в качестве альтернативной по отношению к теории градуалистической эволюции, подразумевающей постепенные преобразования с относительно равномерными скоростями на разных временных отрезках. На первых этапах ее выдвижения дискутировался вопрос о том, какая из моделей – прерывистого равновесия или градуализм – правильнее описывает эволюционный процесс. Далее такая постановка вопроса была заменена другой: какая из моделей чаще соответствует процессам, которые происходят в разных группах живого?

Один из феноменов, давно выявленных, но до сих пор интригующих многих исследователей, состоит в том, что темпы морфологических преобразований связаны с интервалом времени, на котором их оценивали. Эта

связь обычно бывает обратной, т.е. на малых временных отрезках отмечаются более высокие скорости, чем на больших. В общем виде объяснение этого феномена приходит к каждому, кто попытается в нем разобраться. Не вызывает особых сомнений, что при оценке эволюционных изменений на большом временном отрезке отсутствие информации о динамике изучаемых характеристик внутри этого отрезка, вероятнее всего, приведет к осреднению скоростей разнонаправленных процессов (в том числе и быстрых), в то время как на малых временных отрезках более вероятно уловить кратковременные флуктуации, расчет скоростей которых по той же методике, что и для скоростей эволюции, дает очень большие величины. Интерес к отмеченному феномену не угасает из-за громадных и еще не исчерпанных возможностей его анализа.

Среди других работ в этой области нами был детально проанализирован пример сверхвысоких скоростей морфологических преобразований зубной системы у одного из видов грызунов – копытного лемминга. На нем было показано, что значительная часть рассматриваемого феномена неоднородности темпов переходит в плоскость объяснения того, почему именно на коротких отрезках наблюдается очень большая неоднородность скоростей. Первыми и, на наш взгляд, главными являются причины методического плана. При не слишком строгом отборе материала для анализа значительная часть больших морфологических различий имеет географическую природу, а не временную. Работы такого плана должны опираться на популяционную идеологию и использовать специфические методы исследования динамических процессов в популяциях с учетом определенного масштаба. Это означает, что при поисках исторических трендов осреднение численных характеристик по выборкам из популяции можно проводить только с учетом как пространственной, так и временной неоднородности, возникающей за счет процессов актуального масштаба. При использовании методики парных сравнений (а не анализа временных рядов, который значительно больше соответствовал бы природе исследуемого процесса) могут наблюдаться очень заметные и статистически значимые морфологические различия между сравниваемыми парами выборок, которые, однако, часто не образуют устойчивого тренда и потому должны быть отнесены либо к категории хронографических флуктуаций актуального масштаба, либо к просто случайным; и те, и другие непригодны для расчета скоростей направленного эволюционного процесса.

Главное – невозможность использования модели анализа, выработанной для процессов в эволюционном масштабе, к процессам в масштабе историческом. Для внутривидовых исторических преобразований необходимо выработать своеобразную процедуру оценки скоростей преобразований. Она должна учитывать, что такие процессы идут не по моно- или полифилетическому принципу, как эволюция высших таксонов, а в соответствии с сетчатой моделью взаимодействующих популяций. На этом пути видятся перспективы важных открытий.

Этап третий – построение теоретических конструкций. Модели, концепции, теории, законы – словом, конструкции, без которых невозможно построить теоретическую часть любой науки, в нашей отрасли пока только нарождаются. Помогает, опять же, позиция «на перекрестке». Думается, что успех ждет на пути использования аналитического аппарата из других близких наук. Вдохновляющий пример дает, например, работа С. П. Капицы с

соавторами «Синергетика и прогнозы будущего» [2001]. Современную проблематику исторической экологии существенно стимулируют не столько сюжеты из далекого прошлого природы и общества, сколько острые дискуссии по проблемам, волнующим общество сейчас. Просто специалисты, хорошо знающие это прошлое, видят современность сквозь опыт многих событий, в которых повседневность порождала историю, а та в свою очередь уходила в вечность. Это касается не только человеческой истории и истории природных систем, но и их неразрывной связи. Поиск общих закономерностей в динамике актуальной, исторической и эволюционной на всех этапах организации живого и разумного – это достойная перспективная задача для нескольких будущих поколений.

Список литературы

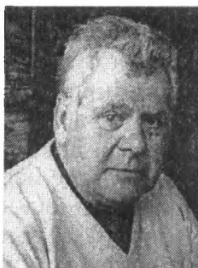
Биологический энциклопедический словарь. М., 1986.

Горчаковский П. Л. Основные проблемы исторической фитогеографии Урала. Свердловск, 1969. (Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАИ СССР; Вып. 66).

Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего. М., 2001.

Смирнов Н. Г. Зональное распределение млекопитающих в позднем валдае на Урале // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М., 2001.

Смирнов Н. Г., Большаков В. Н. и др. Историческая экология животных гор Южного Урала. Свердловск, 1990.



**М. Б. Видревич,
В. М. Жуковский,
Л. М. Андриянина**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ ПО КУРСУ «НАША ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»

Неконтролируемая (нескоординированная) антропогенная деятельность человека привела к глубокому экологическому кризису. Перед всем человечеством в его взаимоотношениях с окружающей средой во весь рост встал гамлетовский вопрос: «Быть или не быть?!» Только широко образованный «Коллективный Разум» и активные осмысленные действия способны его разрешить. Наше общее будущее находится в руках подрастающего поколения.

Необходимость экологического образования школьников очевидна. В настоящее время существует много программ, в рамках которых она решается. Сложившаяся система школьного образования предполагает включение большого объема разрозненных частей естественно-научных экологических знаний в структуру